

PERDAS DE SOLO E ÁGUA EM ENTRESSULCOS EM UM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO SUBMETIDO A QUATRO PADRÕES DE CHUVA⁽¹⁾

F. L. F. ELTZ⁽²⁾, H. U. MEHL⁽³⁾ & J. M. REICHERT⁽²⁾

RESUMO

A erosão é grandemente afetada pela intensidade da chuva. No entanto, poucas pesquisas no Brasil têm-se dedicado a estudar esse efeito. Este trabalho teve como objetivo determinar as perdas de solo e água em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico abrupto, submetido a quatro diferentes padrões de chuva. Os tratamentos foram: aplicação de chuvas simuladas com intensidade variável em diferentes padrões: avançado, intermediário, atrasado e constante. As chuvas tiveram duração de 60 min, com um pico de 120 mm h⁻¹, durante 5 min, para os padrões de intensidade variável, e uma intensidade de 35 mm h⁻¹, para o padrão constante, realizadas sobre solo preparado com uma aração e duas gradagens. As parcelas foram delimitadas por chapas de metal galvanizado, com dimensões de 0,75 m de comprimento no sentido do declive e 0,50 m de largura. Para a aplicação das chuvas, utilizou-se um simulador estacionário de bicos múltiplos, com a variação da intensidade controlada por programa computacional. As taxas máximas de perdas de solo foram, respectivamente, de 37, 49 e 91% maiores na chuva do padrão atrasado do que nas chuvas dos padrões: avançado, intermediário e constante. As taxas máximas de perdas de água foram de 19, 22 e 79% maiores na chuva do padrão atrasado do que nas chuvas dos demais padrões, respectivamente. Observou-se que o padrão atrasado revelou maiores perdas acumuladas de solo. Chuvas com picos de alta intensidade, como as de intensidade variável, ocasionam maiores perdas de solo e água do que as chuvas de intensidade constante. O padrão de chuva avançado causou o menor tempo de início do escoamento, seguido pelo padrão intermediário e pelo atrasado, enquanto este último causou o maior tempo de início de escoamento.

Termos de indexação: intensidade da chuva, erosão, em entressulcos, chuva simulada, perfil de precipitação.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado do segundo autor apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Projeto parcialmente financiado pela FAPERGS e FINEP/PRONEX. Recebido para publicação em maio de 2000 e aprovado em dezembro de 2000.

⁽²⁾ Professor do Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. CEP 97105-900 Santa Maria (RS). Bolsista do CNPq. E-mails: feltz@ccr.ufsm.br; reichert@ccr.ufsm.br

⁽³⁾ Doutorando em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa – UFV. CEP 36571-000 Viçosa (MG). Bolsista da CAPES. E-mail: heronymehl@homenet.com.br

SUMMARY: *INTERRILL SOIL AND WATER LOSSES IN AN ULTISOL UNDER FOUR RAINFALL PATTERNS*

Erosion is largely affected by rainfall intensity. However, few studies in Brazil have been dedicated to evaluate this effect. This research aimed to determine soil and water losses on a Typic Hapludalf soil, submitted to four different rainfall patterns, under the following treatments: rainfall simulation of variable intensity in advanced, intermediary, delayed and constant patterns. Rainfall duration was one hour, with a peak of 120 mm h⁻¹ during 5 min for patterns with variable intensity and 35 mm h⁻¹ for uniform intensity, applied over soil with conventional tillage (disk plowing plus two disk harrowing). Plots had metal borders, 0.75 m of length in the same direction of slope and 0.50 m of width. For rainfall application, a portable rainfall simulator of multiple nozzles was used, with rainfall intensity controlled by a computer program. The maximum soil loss rate was, respectively, 37, 49 and 91% greater for the delayed pattern than for the advanced, intermediary and constant patterns. The maximum water loss rate was 19, 22 and 79% greater for the delayed pattern than for the advanced, intermediary and constant patterns, respectively. The delayed pattern had accumulated greater soil loss than the other patterns. Rainfalls with high intensity peaks had larger soil and water losses than rainfalls of constant intensity. The advanced pattern caused the shortest runoff beginning time, followed by the intermediary and delayed patterns. The delayed pattern had the greatest runoff beginning time.

Index terms: rainfall intensity, rainfall simulated, profile of precipitation, interrill erosion.

INTRODUÇÃO

O conhecimento e a quantificação das características físicas associadas ao potencial erosivo das precipitações de uma região são fundamentais na determinação de índices de erosividade adequados. No Brasil, existem poucos estudos básicos sobre características físicas das precipitações. Também são poucos, e geralmente para um número reduzido de anos, os dados de perdas de solo registrados em experimentos de chuva natural (Eltz et al., 1984; Debarba & Amado, 1997). Estes fatos têm dificultado o teste ou o desenvolvimento de índices de erosividade adaptados às nossas condições.

A obtenção de melhor correlação entre as perdas de solo e o índice de erosividade da chuva EI₃₀ (Wischmeier, 1959) é dificultada pela falta de conhecimento das características físicas da chuva. Chuvas com a mesma erosividade podem provocar perdas de solo diferentes, dependendo da umidade antecedente à chuva e da variação da intensidade durante a chuva pela ocorrência de picos de alta intensidade. Segundo Brown & Foster (1987), chuvas que apresentam mais de um pico de alta intensidade durante a sua ocorrência apresentam baixa correlação do índice de erosividade EI₃₀ com as perdas de solo e água.

Em condições tropicais, picos de alta intensidade e de curta duração apresentam maior correlação com as perdas de solo do que o índice EI₃₀. Por essa razão, outros índices foram sugeridos por Hudson (1965), Lal (1976) e Kinnel et al. (1994).

Estudando os efeitos da forma do declive, energia e intensidade da chuva nas perdas de solo e água em entressulcos, Meyer & Harmon (1992) concluíram que, dentre as variáveis estudadas, a intensidade da chuva é a que tem maior influência na erosão em entressulcos. Com base nos resultados obtidos, os autores enfatizaram a importância da aplicação de chuvas com características o mais próximo possível das chuvas naturais, em experimentos de erosão.

A variação da intensidade durante a chuva poderia ser incluída nos modelos de previsão de perdas de solo e água por erosão. Entretanto, os estudos e os aperfeiçoamentos nos modelos estão limitados pela carência de simuladores de chuva capazes de realizar chuvas de intensidade variável (Flanagan et al., 1988).

Os trabalhos de perdas de solo e água, utilizando aparelhos simuladores de chuvas, são uma maneira de apressar a obtenção de dados importantes a respeito de práticas de manejo do solo e culturas, visando à conservação do solo e da água. Segundo Agassi & Bradford (1999), a principal limitação na utilização de chuva simulada é a impossibilidade de reproduzir as características das chuvas naturais em termos de intensidade, duração e energia de impacto das gotas de chuva. Relataram, também, as dificuldades de se compararem os resultados obtidos, tendo em vista o uso de grande variedade de simuladores de chuva, intensidades de chuva e tipos de parcela.

Durante o I Encontro Nacional Sobre Pesquisa de Erosão com Simulador de Chuva, em Londrina

(1975), foi proposta a utilização de um padrão de chuva já utilizado nos Estados Unidos (IAPAR, 1975). As pesquisas em conservação do solo passaram a utilizá-lo em quase todos os trabalhos, sem saber se esse padrão é semelhante ao padrão de chuvas mais freqüente em nosso país. Esse padrão utiliza uma chuva de 60 mm h^{-1} , durante 60 min, e, 24 h após, outra chuva de 60 mm h^{-1} , durante 30 min. Trinta minutos após o término da segunda chuva, é aplicada uma terceira chuva, com 120 mm h^{-1} , durante 18 min. O efeito destas chuvas nas perdas de solo são semelhantes ao efeito das chuvas de padrão atrasado, quando o pico de maior intensidade cai sobre o solo já umedecido. Deste ponto de vista, estas chuvas poderiam ser classificadas, segundo os critérios deste trabalho, como padrão atrasado, porque a chuva de maior intensidade ocorre no final da série de chuvas, embora sejam de intensidade constante.

Nos estudos de perdas de solo e água por erosão, vem sendo utilizada a aplicação de chuvas simuladas de intensidade constante. Com isso, negligencia-se importante componente das chuvas naturais, que é a variação da intensidade durante a sua ocorrência. As características das chuvas mudam de região para região e, assim, um único padrão pode não ser o mais representativo para todas as regiões.

O objetivo deste trabalho foi determinar as perdas de solo e água em um Argissolo Vermelho-Amarelo, submetido a quatro diferentes padrões de chuva.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental do Departamento de Solos da Universidade Federal

de Santa Maria (UFSM), localizada no município de Santa Maria, situado na região fisiográfica da Depressão Central do Rio Grande do Sul, nas coordenadas geográficas $29^{\circ}41'$ Sul e $53^{\circ}48'$ Oeste, a uma altitude de 95 m.

Foi utilizado um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico abruptico (EMBRAPA, 1999), anteriormente classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo (Brasil, 1973), desenvolvido a partir de arenitos e com argila de atividade baixa.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram: aplicação de chuvas simuladas de padrão avançado (AV); intermediário (IN); atrasado (AT) e constante (CT). Na figura 1, são apresentados exemplos de chuvas naturais ocorridas em Santa Maria, classificados nos três primeiros padrões.

A figura 2 apresenta os quatro padrões de chuva tipificados usados neste trabalho. A chuva é classificada como padrão avançado, quando a maior intensidade ocorre em um período de tempo menor do que 30% a partir do momento inicial da chuva, em relação ao tempo de duração total da chuva; padrão intermediário, quando a maior intensidade ocorre entre 30 e 60% do tempo total da chuva, e padrão atrasado, quando a maior intensidade ocorre passados mais de 60% do tempo total de duração da chuva. A programação das chuvas foi realizada de modo que a mudança de intensidade ocorresse de dois em dois minutos.

A duração das chuvas foi de uma hora, com um pico de 120 mm h^{-1} , durante cinco minutos, para as chuvas de intensidade variável. O volume total precipitado previsto foi de 35 mm, para todos os padrões, conforme configuração representada na figura 2.

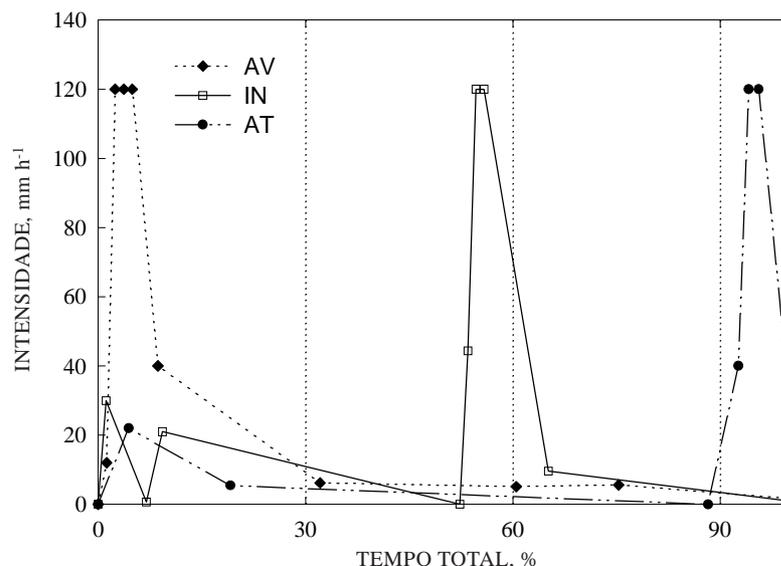


Figura 1. Representação gráfica dos padrões de chuva avançado (AV), em 05 de novembro de 1963; intermediário (IN), em 16 de janeiro de 1972, e atrasado (AT), em 06 de janeiro de 1964.

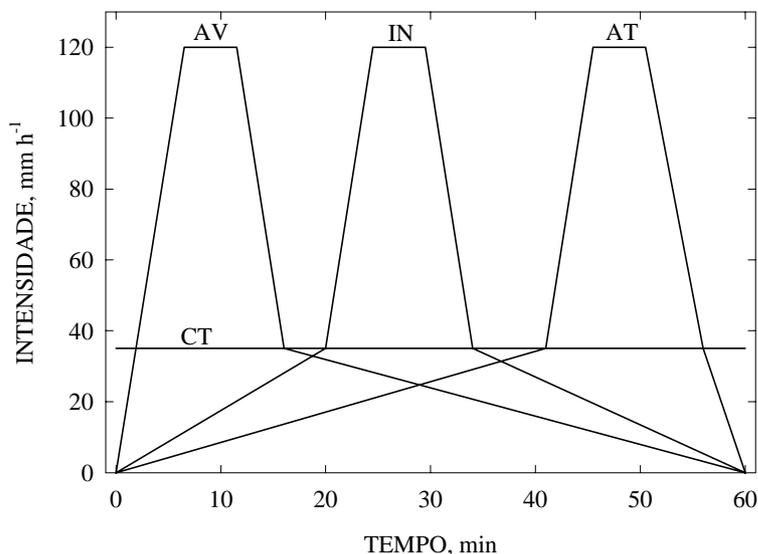


Figura 2. Representação dos padrões de chuva avançado (AV), intermediário (IN), atrasado (AT) e constante (CT) utilizados neste trabalho.

Incluiu-se, neste estudo, para fins de comparação, um padrão de chuva de intensidade constante de 35 mm h^{-1} (Figura 2), por ser essa a intensidade média dos picos de maior intensidade das chuvas erosivas individuais ocorridas em Santa Maria (RS) (Mehl, 2000). O padrão constante tem sido o mais utilizado em estudos de perdas de solo e de água por erosão (Flanagan et al., 1988; Reichert et al., 1994; Bertol et al., 1997).

A área experimental estava sob pousio invernal, tendo sido a vegetação existente retirada do local por meio de capina e coleta manual. O preparo do solo foi realizado com uma aração, com arado de disco, e duas gradagens, com grade niveladora, em janeiro de 1999. Posteriormente, o solo preparado foi coberto com um lona plástica para que todos os tratamentos mantivessem uma condição homogênea de umidade e rugosidade superficial criada pelo preparo do solo.

Na determinação da textura do solo, usaram-se amostras deformadas coletadas de 0 a 0,20 m de profundidade, utilizando-se o peneiramento, para determinar a fração areia, e o método da pipeta, para determinar a fração argila. Por diferença, calculou-se a fração silte. Foi obtida, também, a fração de argila natural, ou seja, a dispersa em água (Gee & Bauder, 1986).

Os parâmetros químicos do solo foram: pH, CTC, cálcio trocável, magnésio trocável, alumínio trocável e carbono orgânico, conforme método descrito em Tedesco et al. (1985), cujos resultados estão expressos no quadro 1.

As parcelas de erosão foram delimitadas por chapas metálicas galvanizadas cravadas ao solo, que continham, na parte inferior, uma calha coletora para a amostragem da enxurrada. As dimensões da

parcela foram de 0,50 m de largura por 0,75 m de comprimento, com a maior dimensão no sentido do declive (Elliot et al., 1989). A declividade média das parcelas foi de 12%.

Na aplicação das chuvas, foi usado um simulador estacionário de bicos múltiplos e oscilantes, o qual foi desenvolvido no National Soil Erosion Research Lab, USDA-ARS, West Lafayette, IN, USA (Norton & Brown, 1992). O simulador foi instalado a uma altura de 2,45 m da superfície do solo e a pressão de saída da água dos bicos foi mantida em 41,4 kPa. O volume total efetivo precipitado foi monitorado com o auxílio de pluviômetros, instalados ao lado das

Quadro 1. Características físicas e químicas do solo da área experimental na profundidade de 0-0,20 m

Argila (< 0,002 mm) (kg kg^{-1})	0,192
Argila natural (< 0,002 mm) (kg kg^{-1})	0,063
Grau de flocculação	0,67
Silte (0,002-0,050 mm) (kg kg^{-1})	0,222
Areia (0,050-2,000 mm) (kg kg^{-1})	0,586
Areia fina (0,050-0,470 mm) (kg kg^{-1})	0,383
Areia grossa (0,470-2,000 mm) (kg kg^{-1})	0,203
Teor de matéria orgânica (kg kg^{-1})	0,015
pH em água	5,2
Capacidade de troca de cátions ($\text{mmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	48,0
Teor de Al ($\text{mmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	4,0
Teor de Ca ($\text{mmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	29,0
Teor de Mg ($\text{mmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	14,0

parcelas. Foram coletadas amostras de solo antes de cada chuva para a determinação da umidade gravimétrica em cada tratamento.

A enxurrada foi coletada em potes plásticos com capacidade de um litro, de dois em dois minutos, ou seja, dois minutos coletados e dois minutos não coletados, de modo que fosse coletada a enxurrada proveniente do minuto final de determinada intensidade e o minuto inicial da intensidade seguinte da chuva, conforme a configuração proposta das chuvas.

As amostras de enxurrada coletadas no campo foram levadas ao laboratório, onde os potes com solo e água foram limpos e secos por fora e pesados. Em seguida, foram acrescentados 5 ml de sulfato de alumínio a 3% para acelerar o processo de sedimentação. Os potes permaneceram em repouso até o dia seguinte, quando, com auxílio de uma mangueira plástica, retirou-se por sifonamento o máximo possível de água sobrenadante. Posteriormente, os potes foram secos em estufa a uma temperatura de 50 a 60°C até peso constante, para posterior pesagem.

A massa de água foi calculada, subtraindo-se a massa de solo perdida da massa total da enxurrada, em cada amostra, após a evaporação da água em estufa a uma temperatura de 50 a 60°C. A massa de solo foi obtida pela pesagem direta de cada amostra após a evaporação da água em estufa a uma temperatura de 50 a 60°C.

Os valores das massas de solo e água corresponderam aos tempos de coleta de dois minutos. Com esses valores, foram calculadas as taxas de perda de solo ($\text{kg m}^{-2} \text{h}^{-1}$) e de água (mm h^{-1}) e as perdas acumuladas de solo (kg m^{-2}) e de água (mm).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e de comparação de médias pelo teste de Tukey a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As perdas acumuladas e os picos de perdas de solo e água foram afetados significativamente pelos padrões de chuva variável, em relação ao padrão de chuva constante (Quadro 2). As taxas máximas de perdas de solo (TMPS) foram, respectivamente, de 37, 49 e 91% maiores na chuva do padrão atrasado do que nas chuvas dos demais padrões: avançado, intermediário e constante. As taxas máximas de perdas de água (TMPA) foram, respectivamente, de 19, 22 e 79% maiores na chuva do padrão atrasado do que nas chuvas dos outros padrões (avançado, intermediário e constante). Por sua vez, as perdas acumuladas de solo (PAS) foram de 30, 43 e 71% maiores no padrão de chuva atrasado do que no padrão avançado, intermediário e constante, respectivamente (Quadro 2). Nas perdas acumuladas de água (PAA), o padrão constante foi significativa-mente menor do que os demais padrões. Entretanto, o padrão de chuva atrasado não é o que ocorre com maior frequência (29,1%) em Santa Maria (Mehl, 2000).

O padrão de chuva avançado teve o menor tempo para o início do escoamento (IE), seguido pelo padrão intermediário e constante, enquanto o padrão atrasado teve o maior tempo para o início de escoamento. O padrão constante não diferiu estatisticamente do padrão intermediário (Quadro 2).

As condições da superfície e a umidade do solo vão alterando-se no decorrer da chuva. Por esse motivo, chuvas de padrão atrasado conferem as maiores taxas de perda de solo e água e de perda acumulada de solo. Quando ocorre o pico de maior intensidade, o solo está com maior umidade, favorecendo a desagregação, o selamento superficial e o transporte das partículas de solo.

As variações observadas nas taxas de perdas de solo e de água (Figura 3), nos quatro padrões estudados, seguiram a variação observada na intensidade da chuva (Figura 2).

Quadro 2. Taxa máxima de perda de solo (TMPS), taxa máxima de perda de água (TMPA), perda acumulada de solo (PAS), perda acumulada de água (PAA) e início do escoamento (IE), nos quatro padrões de chuva estudados

Padrão	TMPS	TMPA	PAS	PAA	IE
	$\text{kg m}^{-2} \text{h}^{-1}$	mm h^{-1}	kg m^{-2}	mm	min
Avançado	2,084 b	70,3 b	0,378 b	15,5 a	10,0 c
Intermediário	2,595 b	73,1 b	0,464 b	13,9 a	22,7 b
Atrasado	4,126 a	90,6 a	0,665 a	16,9 a	38,7 a
Constante	0,368 c	18,8 c	0,192 c	7,5 b	23,4 b
C.V. (%)	26,6	13,2	24,8	14,9	12,5

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que as perdas ocorridas durante os picos de alta intensidade foram responsáveis por 66, 65 e 75% das perdas acumuladas de solo e por 56, 61 e 71% das perdas acumuladas de água durante as chuvas realizadas, respectivamente, para os padrões: avançado, intermediário e atrasado. É lógico esperar que as perdas de solo com chuvas naturais sigam o mesmo comportamento obtido com as chuvas simuladas. Neste caso, pode-se esperar que chuvas naturais com pico de máxima intensidade no final das chuvas produzam maior perda de solo e água do que chuvas com picos de maior intensidade no início ou meio da chuva.

Os padrões de chuva (avançado, intermediário e atrasado) tiveram as perdas acumuladas de solo aumentadas em 85, 130 e 235% e as perdas acumuladas de água em 106, 73 e 126%,

respectivamente, em relação àquelas para o padrão de chuva constante. O aumento na intensidade da chuva durante os picos foi responsável pelo aumento nas perdas de água, o que confirma o trabalho de Hachum & Alfaro (1977). Eles relataram que padrões de chuva com picos de 80 mm h^{-1} são ineficientes para serem usados em irrigação por pivô central, pois há perda de 63% da água aplicada por escoamento superficial.

As taxas de perdas de solo e de água foram altas, provavelmente, em razão da baixa resistência oferecida pelo solo à desagregação e ao selamento superficial. Na área experimental, a camada superficial contém apenas $0,192 \text{ kg kg}^{-1}$ de argila, o que facilita a desagregação de solo. Quanto maior o teor de argila dispersa em água, menores são as taxas de infiltração de água no solo (Reichert et al., 1992; Levy et al., 1993) e maior a erodibilidade em

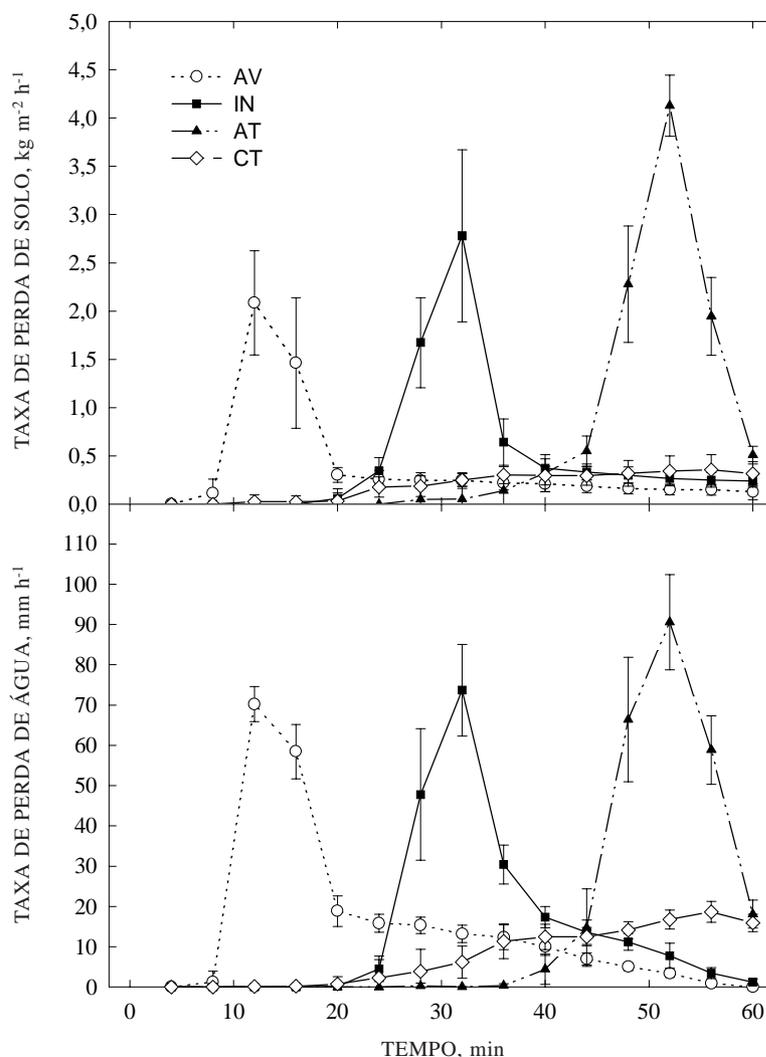


Figura 3. Taxas de perdas de solo e água nos padrões de chuva avançado (AV), intermediário (IN), atrasado (AT) e constante (CT), observadas durante a chuva proposta, com intervalo de 95% de confiança.

entressulcos (Veiga et al., 1993). O solo utilizado no presente estudo contém 32,3% de teor de argila dispersa em água e declividade de 12%. Neste caso, a intensidade da chuva passa a ter enorme influência nas taxas de perdas de solo e de água (Figura 3).

Utilizando padrões de chuva com picos de intensidade de até 250 mm h^{-1} , aplicados em um solo argilo-siltoso, Flanagan et al. (1988) obtiveram resultados com a mesma tendência de ocorrer maiores perdas nas chuvas de padrão atrasado. As taxas de perdas de solo encontradas no presente trabalho foram similares às taxas encontradas por Goff et al. (1994), que utilizaram um solo franco-arenoso.

Utilizando um Argissolo Vermelho-Amarelo recém-preparado, em Santa Maria (RS), Braida & Cassol (1999) obtiveram, após vinte minutos de chuva constante, taxas de perdas de água estabilizadas.

Essas foram, em média, de 55 mm h^{-1} , tendo sido a chuva aplicada de 67 mm h^{-1} . No presente trabalho, as chuvas tiveram um pico de alta intensidade (120 mm h^{-1} , com duração de 5 min) e as perdas de água chegaram a $70,3$, $73,1$ e $90,6 \text{ mm h}^{-1}$, para o padrão avançado, intermediário e atrasado, respectivamente. Para o padrão constante de 35 mm h^{-1} , a duração e a intensidade da chuva utilizada não foram suficientes para estabilizar as taxas de perdas de água.

O padrão avançado e o intermediário não foram estatisticamente diferentes em relação às perdas acumuladas de solo e água. O selamento superficial, graças às características físicas do solo e à alta intensidade no início da chuva (padrão avançado, Figura 4), favorece o escoamento superficial durante o restante da chuva. Com a diminuição da intensidade, a chuva perde a capacidade de desagregação e

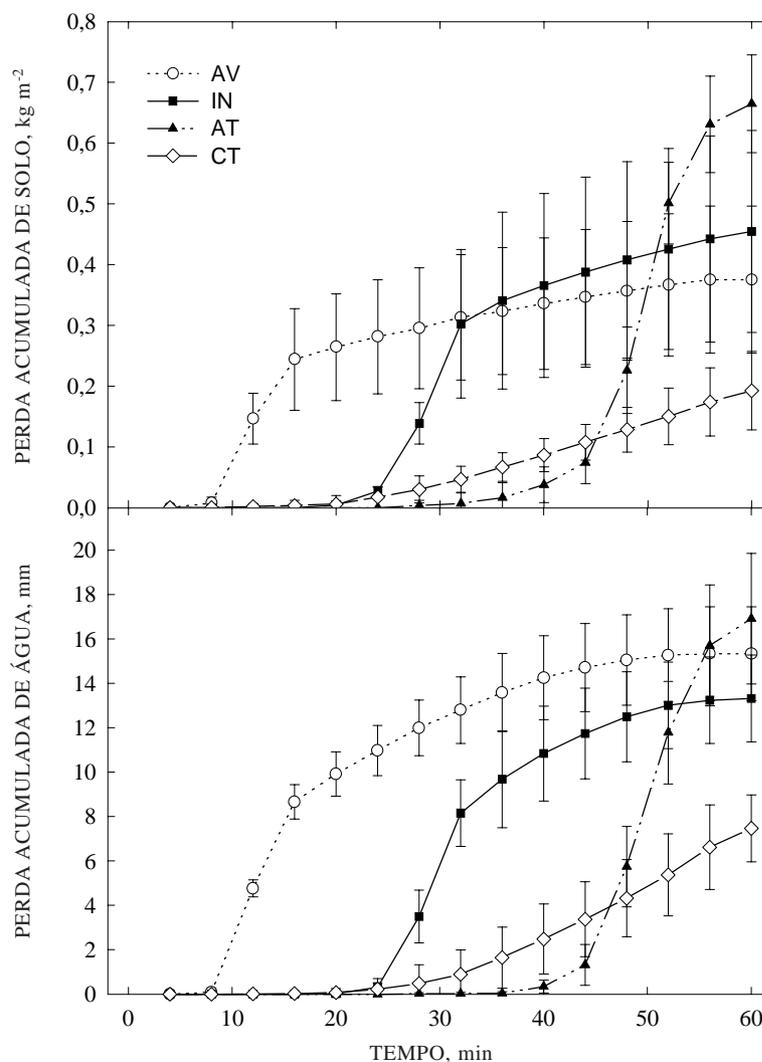


Figura 4. Perdas acumuladas de solo e água nos padrões de chuva avançado (AV), intermediário (IN), atrasado (AT) e constante (CT), observadas durante a chuva proposta, com intervalo de 95% de confiança.

remoção do selo superficial formado; além disso, o fluxo superficial é menos turbulento e a capacidade de transporte é reduzida, conseqüentemente, há somente escoamento de água pela superfície do solo (padrão avançado, Figura 4). No padrão intermediário, o selamento dos poros também é decorrente do pico de alta intensidade, porém toda a precipitação anterior ao pico de alta intensidade infiltrou no solo, o que não foi suficiente para proporcionar diferenças significativas de perdas de solo e de água entre esses dois tratamentos.

CONCLUSÕES

1. As taxas máximas de perdas de solo foram, respectivamente, de 37, 49 e 91% maiores na chuva do padrão atrasado do que nas do padrão avançado, intermediário e constante.

2. As taxas máximas de perdas de água foram, respectivamente, de 19, 22 e 79% maiores na chuva do padrão atrasado do que nas chuvas do padrão avançado, intermediário e constante.

3. O padrão de chuva atrasado apresentou perdas acumuladas de solo maiores do que as dos demais padrões.

4. Chuvas com picos de alta intensidade, como as do padrão avançado, intermediário e atrasado, causam perdas de solo e de água maiores do que chuvas de intensidade constante.

LITERATURA CITADA

- AGASSI, M. & BRADFORD, J.M. Methodologies for interrill soil erosion studies. *Soil & Till. Res.*, 49:277-287, 1999.
- BERTOL, I.; COGO, N. P. & LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e na ausência dos resíduos culturais. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:409-418, 1997.
- BRAIDA, J.A. & CASSOL, E.A. Relações da erosão em entressulcos com o tipo e com a quantidade de resíduos vegetais na superfície do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:711-721, 1999.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária, Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul. Recife, 1973. 431p.(Boletim Técnico, 30)
- BROWN, L.C. & FOSTER, G.R. Storm erosivity using idealized intensity distributions. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 30:379-386, 1987.
- DEBARBA, L. & AMADO, T.J.C. Desenvolvimento de sistemas de produção de milho no sul do Brasil com características de sustentabilidade. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:473-480, 1997.
- ELLIOT, W.J.; LIEBENOW, A.M.; LAFLEN, J.M. & KOHL, K.D. A compendium of soil erodibility data from WEPP cropland soil field erodibility experiments 1987;88. Washington, The Ohio State University / USDA Agricultural Research Service. 1989, p.A2-A25. (NSERL Report 3)
- ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A.; GUERRA, M. & ABRÃO, P.U.R. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo São Pedro (Podzólico Vermelho-Amarelo) sob chuva natural. *R. Bras. Ci. Solo*, 8:245-249, 1984.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 1999. 412p.
- FLANAGAN, D.C.; FOSTER, G.R. & MOLDENHAUER, W.C. Storm pattern effect on infiltration, runoff, and erosion. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 31:414-420, 1988.
- GEE, G.W. & BAUDER, J.W. Particle-size Analysis. In: KLUTE, A., ed. *Methods of soil analysis. Physical and mineralogical methods*. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, 1986. p.383-399.
- GOFF, B.F.; BENT, G.C. & HART, G.E. Influence of rainfall intensity on the interrill erodibility of two rangeland soils. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 37:1445-1448, 1994.
- HACHUM, A.Y. & ALFARO, J.F. Water infiltration and runoff under rain applications. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 41:960-966, 1977.
- HUDSON, N.W. The influence of rainfall on the mechanics of soil erosion with particular reference to northern Rhodesia. Cape Town, University of Cape Town, South Africa, 1965. (Tese de Mestrado)
- FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. ENCONTRO NACIONAL SOBRE PESQUISA DE EROSIÃO COM SIMULADORES DE CHUVA, 1., Londrina, 1975. Anais. Londrina, 1975. 126p.
- KINNEL, P.I.A.; MCGREGOR, K.C. & ROSEWELL, C.J. The I_xE_A index as an alternative to the EI_{30} erosivity index. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 37:1449-1456. 1994.
- LAL, R. Soil erosion on alfisols in Western Nigeria, III: Effects of rainfall characteristics. *Geoderma*, 16:389-401, 1976.
- LEVY, G.J.; EISENBERG, H. & SHAINBERG, C. Clay dispersion as related to soil properties and water permeability. *Soil Sci.*, 155:15-22, 1993.
- MEHL, H.U. Caracterização de padrões de chuva ocorrentes em Santa Maria (RS) e sua relação com as perdas de solo e água em entressulcos. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2000. 53p. (Tese de Mestrado).
- MEYER, L.D. & HARMON, W.C. Interrill runoff and erosion: effects of row-sideslope shape, rain energy, and rain intensity. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 35:1199-1203, 1992.
- NORTON, L.D. & BROWN, L.C. Time-effect on water erosion for ridge tillage. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 35:473-478, 1992.
- REICHERT, J.M.; NORTON, L.D. & HUANG, C. Sealing, amendment, and rain intensity effects on erosion of high-clay soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58:1199-1205, 1994.

- REICHERT, J.M.; VEIGA, M. & CABEDA, M.S.V. Selamento superficial e infiltração de água em solos do Rio Grande do Sul. R. Bras. Ci. Solo, 16:289-298, 1992.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J. & BOHNEN, H. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 188p. (Boletim Técnico de Solos, 5)
- VEIGA, M.; CABEDA, M.S.V. & REICHERT, J.M. Erodibilidade em entressulcos de solos do Rio Grande do Sul. R. Bras. Ci. Solo, 17:121-128, 1993.
- WISCHMEIER, W.H. A rainfall erosion index for a Universal Soil Loss Equation. Proc. Soil Sci. Am., 23:246-249, 1959.

